

продуктивність наплавлення без суттєвого підвищення собівартості процесу наплавлення при комбінованому процесі лазерно-плазмового наплавлення. Мета роботи є визначення теоретичне й експериментальне підтвердження технологічних характеристик та закономірностей процесу нагрівання порошкового матеріалу без плавлення до заданої температури. Метою дослідження є розробка комбінованого процесу лазерно-плазмового наплавлення, як технологічної системи з виявленням основних керуючих технологічних параметрів та встановлення зв'язків між ними й характеристиками поверхневого шару та експлуатаційними властивостями виробів. Для нагрівання порошку до визначеної температури, при заданій витраті дозуючого пристрою, необхідно знайти ефективну довжину плазмового струменя та його енергетичні характеристики, що забезпечують нагрівання частинок порошкового матеріалу, що пролітають вздовж струменя. Для цього було використано відповідну математичну модель, за якою було розраховано ефективність нагріву дисперсних матеріалів у плазмових потоках. Для моделювання процесу нагрівання частинки у плазмовому струмені було прийнято наступні умови: частинка має ідеальну сферичну форму; частинка є однорідним, ізотропним тілом; внутрішні джерела відсутні, порошковий матеріал нагрівається весь, без втрат на розпилювання. Контроль розподілу температур в плазмовому струмені вздовж та поперек потоку плазми здійснювався за допомогою термопар, що розташовувалися на певній відстані від зрізу сопла. В результаті експериментальних досліджень були отримані залежності температури плазмового струменя вздовж потоку від основних параметрів процесу. Підчас експерименту вплив плазмового струменя на тепловий стан основного матеріалу був мінімальний. Визначено основні технологічні параметри які впливають на процес нагрівання порошку в плазмовому струмені. Визначені умови нагрівання порошкового матеріалу до наперед заданої температури при проходженні його крізь плазмовий струмінь без зміни властивостей порошкового матеріалу та запропоновано методику, яка дозволяє розраховувати оптимальні режими плазмового нагрівання порошкового матеріалу.

УДК 621.375.826:621

Кутасевич С.О. студ., Салій С.С. студ., Блощин М.С. ас., Головка Л.Ф. д.т.н. проф.

### **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАЗМОТРОНІВ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ**

Широке застосування в плазмових технологіях знаходять багато дугові генератори, зокрема двокатодні плазмотрони. Двокатодний плазмотрон складається з двох катодів та анодного сопла, осі яких розташовуються в одній площині під деяким кутом  $\beta \leq 90^\circ$ . Подається плазма утворюючий газ (аргон) с заданою витратою  $G_K$  та  $G_A$ , де відбувається його інтенсивне нагрівання та прискорення. При витіканні з соплової частини у атмосферу струмопровідний канал дуги утворює загальний потік плазми. Метою роботи є експериментальне дослідження технологічних параметрів плазмотронів. Стандартні конструкції плазмотронів, що використовуються для нагрівання матеріалу у вигляді дроту чи порошку складні у виготовленні. Головною особливістю використання матеріалу для наплавлення у вигляді порошку – є можливість комбінації різних композицій, створення спеціальних сумішей для отримання особливих властивостей, які не можливо отримати використанням стандартних порошкових сумішей. Застосування матеріалу для наплавлення у вигляді порошку на противагу дроту дозволяє дуже широко варіювати режимами обробки без значної зміни фізико-механічних характеристик наплавлених шарів.

Основними технологічними закономірностями процесу наплавлення з використанням вибраних плазмотронів, що відбивають зв'язок їх основних параметрів (потужності плазмового джерела, діаметра сопла, витрати й схем подачі плазموутворюючого газу, теплофізичних характеристик порошків, що нагріваються і властивостей матеріалу основи на яку наплавляється) з вихідними параметрами (геометричними характеристиками наплавленого шару й шару сплавлення з матеріалом основи, їх структурно-фазовим складом, характеристиками напружено-деформованого стану й інших характеристик якості) є відтворюваність характеристик.

Експериментальні дослідження плазмотронів показують, що конфігурація струменя суттєво залежить від витрат газу, сили струму. При малих витратах плазмовий струмінь призводить до нестійкого режиму роботи плазмотрона, розриву струменя та погасання дуги. З другого боку, із збільшенням витрати газу відбувається перехід до турбулентного режиму, та горіння дуги знову стає нестійким. Плазмотрони розроблялись для підігрівання порошкового матеріалу для наступного доплавлення нагрітого порошку лазерним випромінюванням з утворенням наплавлених шарів. Наведені плазмотрони можуть працювати як в режимі прямої дуги, так і в режимі не прямої дуги. Площа охолоджуючих каналів достатня для використання плазмотронів на струмах до 200А. Введення порошку в плазмовий струмінь здійснюється під заданим кутом  $\alpha$  - це дозволяє реалізовувати різні положення плазмотрону під час роботи. В результаті дослідження плазмотронів були визначені основні характеристики, та рекомендації по застосуванню.

УДК 621.375.826:621

Кутасевич С.О. студ., Салій С.С. студ., Блощицин М.С. ас., Головка Л.Ф. д.т.н. проф.

### **ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ**

Відновлення деталей машин і механізмів після їх спрацювання, а також надання поверхневим шарам особливих фізико-механічних характеристик, що зменшують швидкість їх зношування, є одним з основних завдань машинобудування. Ці технології дозволяють значно збільшити ресурс роботи та надійність машин, а також зменшити витрати на їх виготовлення. Аналіз утворення тріщин і пор, методів їх усунення застосуванням енергії ультразвукових коливань для покращення якості наплавлених шарів. Технологія лазерного наплавлення дозволяє вирішувати вищезазначені завдання з рядом переваг перед іншими технологіями, де також використовуються потужні висококонцентровані джерела енергії (плазмового струменя, електронного променя, іонного впливу та ін.). До них відносяться: забезпечення міцного і надійного зчеплення основного і присадного матеріалу, можливість формування наплавленого шару з малим коефіцієнтом перемішування, мінімальний термічний вплив на основний матеріал, незначні залишкові деформації деталей, що наплавляються, можливість наплавлення малих поверхонь та підвищені властивості наплавлених шарів. Все вище сказане доводить перспективність технології лазерного наплавлення. Однак і вона має певні недоліки: залишкові напруження, утворення тріщин і пор, обмеження по сполученню складів основного і присадного матеріалу. Виникнення залишкових напружень в наплавлених шарах пов'язане з надшвидким нагрівом і охолодженням матеріалу, що наплавляється, за рахунок тепловідводу в основний матеріал. При цьому термічні напруження не встигають релаксувати і можуть досягати значень більших за границю міцності на розрив, що призводить до виникнення тріщин. Процес пороутворення відноситься до складних фізико-хімічних явищ і його розвиток обумовлений не тільки